

РАНЖИРОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ И ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕР, НАПРАВЛЕННЫХ НА ИХ УМЕНЬШЕНИЕ

Кудрявцев И.А.

Надежность работы транспортных сооружений играет определяющую роль для безопасного передвижения людей и грузов по магистралям. Поэтому наличие информации о дефектах конструкций таких объектов позволяет выявить наименее долговечные элементы этих сооружений и с учетом полученных данных разработать новые проектные решения по их усилению и заблаговременно выполнить комплекс работ, направленных на повышение сроков их эксплуатации. В таблицах 1 - 5 представлены статистические материалы выявленных дефектов у различных групп транспортных сооружений. Рассматривалось пять групп объектов (мосты, путепроводы, водопропускные трубы, платформы и станционные помещения), относящихся к магистральным путям железнодорожного транспорта европейской части СНГ. Объем выборки, принятый для исследований, позволил обеспечить достаточную точность полученных результатов. Для каждой из групп были отобраны наиболее значимые конструкции с точки зрения надежности работы сооружений (для мостов и путепроводов - по 7, станционных помещений - по 4, водопропускных трубы и платформ - по 3). Дефекты выявлялись в интервале пять лет эксплуатации, начиная с 1970 г и по настоящее время. В случае проведения на наблюдаемых объектах капитального или промежуточных ремонтов, они из выборки с дефектами перемещались в графу с отсутствием их. Параллельно определена продолжительность эксплуатации отдельных типов наблюдаемых конструкций. Фрагмент одного из них (фундаментов транспортных сооружений и сроков их эксплуатации) приведен в таблице 6.

Анализ результатов, приведенных в таблицах 1 - 5, позволяет сделать основной вывод: элементы, составляющие любые транспортные сооружения выходят из строя с различной интенсивностью. Для мостов и путепроводов наиболее часто разрушаемыми являются элементы ограждения, мостовое полотно, конусы и подходы.

Дефекты путепроводов, мостов и водопропускных труб возникают менее интенсивно, чем у станционных сооружений и платформ. Наряду с более качественным уровнем проектирования и изготовления объектов это объясняется прежде всего более высоким контролем за состоянием объекта и своевременным проведением ремонтных работ, направленных на поддержание объекта в надежном состоянии. Анализ данных таблиц 1 - 5 позволяет говорить о некотором росте дефектов в период с 1985 г. по настоящее время. Учитывая то, что объем перевозок в этот промежуток времени стал несколько снижаться и в дальнейшем значительно уменьшился, этот эффект можно объяснить следующее: срок эксплуатации объектов достаточно велик (таблица 6) и достигает предела эксплуатации, при этом средства на поддержание их в нормальном состоянии выделяются не в полной мере. Последний вывод достаточно хорошо подтверждается результатами приведенными в таблице 7.

Т а б л и ц а 1 - Дефекты элементов путевых сооружений, выявленные при их эксплуатации (% от общего числа)

Тип дефектов	Годы					
	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995 -н.в
1. Ограждения и тротуары	14	12	10	13	21	16
2. Мостовые полотна	6	7	8	8	11	8
3. Пролетные строения	7	6	7	6	9	7
4. Опорные части и подферменики	4	5	6	6	9	8
5. Опоры	5	5	5	6	10	12
6. Конуса и подходы	9	8	8	7	11	13
7. Фундаменты	2	1	2	3	2	1

Т а б л и ц а 2 - Дефекты элементов путепроводов, выявленные при их эксплуатации (% от общего числа)

Тип дефектов	Годы					
	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995 - н.в.
1. Ограждения и тротуары	15	13	16	14	10	10
2. Мостовые полотна	7	8	7	9	9	9
3. Пролетные строения	5	3	4	4	4	3
4. Опорные части и подферменики	3	2	2	3	4	3
5. Опоры	2	3	4	3	4	4
6. Конуса и подходы	3	4	6	5	7	7
7. Фундаменты	2	3	3	3	2	2

Т а б л и ц а 3 - Дефекты элементов станционных сооружений, выявленные при их эксплуатации (% от общего числа)

Тип дефектов	Годы					
	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995 - н.в.
1. Фундаменты	6	3	4	8	4	6
2. Стены	8	9	8	19	13	15
3. Перекрытия	3	4	3	4	3	4
4. Крыши	12	11	16	16	18	18

Т а б л и ц а 4 - Дефекты элементов станционных платформ, выявленные при их эксплуатации (% от общего числа)

Тип дефектов	Годы					
	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995 - н.в.
1. Фундаменты	6	3	4	8	4	6
2. Площадки	8	9	8	19	13	15
3. Ограждения	3	4	3	4	3	4

Т а б л и ц а 5 - Дефекты элементов водопропускных труб, выявленные при их эксплуатации (% от общего числа)

Тип дефектов	Годы					
	1970-1975	1975-1980	1980-1985	1985-1990	1990-1995	1995 - н.в.
1. Фундаменты	4	5	4	4	4	3
2. Кольцевая часть	3	2	3	4	3	3
3. Оголовок	3	4	5	5	5	4

Т а б л и ц а 6 - Типы фундаментов транспортных сооружений (% по отношению к общему числу)

Срок эксплуатации, лет	Путепроводы			Мосты			Станционные сооружения		
	мелкого заложения	свайные	глубокого заложения	мелкого заложения	свайные	глубокого заложения	мелкого заложения	свайные	глубокого заложения

0 - 10	2	98	-	-	100	-	48	52	-
10 - 20	2	98	-	2	98	-	44	54	2
20 - 30	5	95	-	10	85	5	17	4	-
30 - 40	2	98	-	8	78	14	62	38	-
40 - 50	8	90	2	2	86	14	54	42	4
50 - 60	10	88	2	10	74	16	62	36	2
60 - 70	84	10	6	21	51	28	59	41	-
>70	80	10	10	4	16	80	60	38	2

Продолж. табл.6

Срок эксплуатации, лет	Площадки и платформы			Водопропускные трубы		
	мелкого заложения	свайные	глубокого заложения	мелкого заложения	свайные	глубокого заложения
0 - 10	90	10	-	54	46	-
10 - 20	92	8	-	60	40	-
20 - 30	92	8	-	73	27	-
30 - 40	-	-	-	74	26	-
40 - 50	-	-	-	80	20	-
50 - 60	-	-	-	92	8	-
60 - 70	-	-	-	98	2	-
>70	-	-	-	100	-	-

Т а б л и ц а 7 - Отношение вложенных затрат на проведение ремонтных работ к требуемым

Годы	Тип транспортного сооружения				
	мосты	путепроводы	станционные сооружения	площадки и платформы	водопропускные трубы
1960 - 1965	1,00	1,00	0,85	0,75	1,00
1965 - 1970	1,00	0,98	0,83	0,70	1,00
1970 - 1975	1,00	0,95	0,80	0,64	1,00
1975 - 1980	1,00	0,91	0,76	0,60	1,00
1980 - 1985	1,00	0,90	0,71	0,55	0,98
1985 - 1990	0,97	0,87	0,68	0,51	0,91
1990 - 1995	0,95	0,84	0,61	0,48	0,91
1995 - н.в.	0,92	0,80	0,56	0,44	0,91

Регрессионное уравнение для определения величины физического износа ряда транспортных сооружений можно представить в следующем виде:

для путепроводов и мостов (железобетонных) -

$$U = 0,87X_1 + 0,18X_2 + 0,005X_3 + 0,262X_4$$

для путепроводов и мостов (металлических) -

$$U = 0,63X_1 + 0,14X_2 + 0,004X_3 + 0,165X_4$$

для водопропускных железобетонных труб -

$$U = 0,61X_1 + 0,11X_2 + 0,003X_3 + 0,1044X_4$$

для станционных платформ -

$$U = 0,91X_1 + 0,061X_2 + 0,003X_3 + 0,315X_4$$

для станционных сооружений -

$$U = 0,86X_1 + 0,17X_2 + 0,13X_3 + 0,301X_4,$$

где X_1, X_2, X_3, X_4 - соответственно срок эксплуатации объекта, лет, уровень ускорения, $\text{см}/\text{с}^2$, продолжительность вибрации, в долях от X_1 , агрессивность среды % загрязненности пор.

Уменьшение финансирования работ от требуемых реально увеличивает физический износ в нелинейной зависимости

$$\Delta Y = f(t^{\alpha \Delta \Phi}),$$

где ΔY - рост физического износа, t - срок эксплуатации между ремонтами, α - эмпирический коэффициент, $\Delta \Phi$ - недофинансированные ремонтные работы.

Величина виброускорений определяется исходя из следующих предпосылок. В связи с тем, что колебание амплитуды виброперемещений, передаваемых на грунт, подчинены с некоторыми допущениями синусоидальному закону, для определения ускорения колебаний частиц требуется информация о величине виброперемещений и частоты колебаний (рисунок 1).

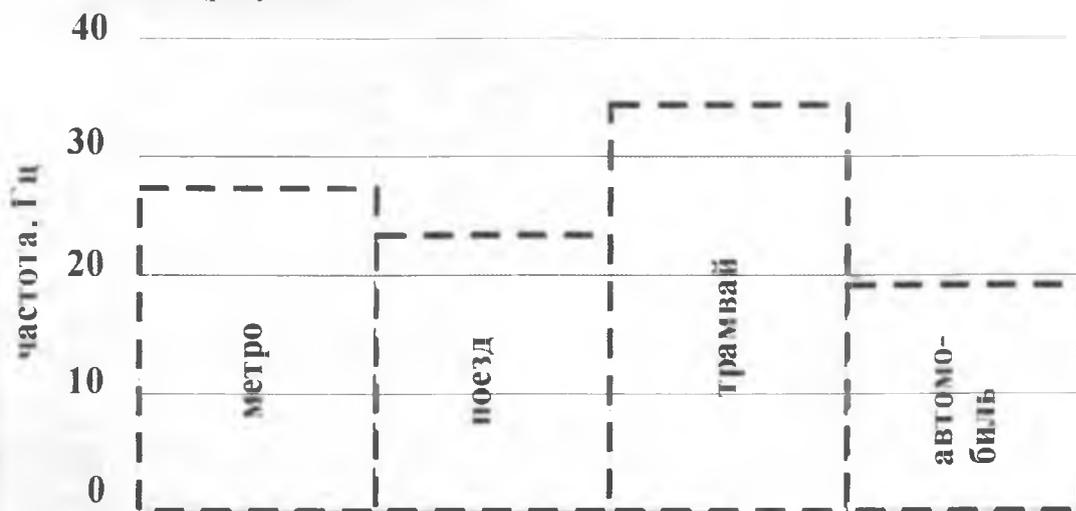


Рисунок 1 - Средневероятностные частоты.

Величина амплитуд виброперемещений, в миллиметрах, передаваемых на грунт и вызываемых:

движением поезда -

$$A = (0,74X_1 + 0,98X_2 + 0,11X_3 + 4,76X_4 + 10,6X_5) \cdot 10^{-3},$$

где X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 - соответственно нагрузка на ось, кН, скорость движения, км/ч², загрязненность балласта, %, число осей вагона, наличие изолированных неровностей, %;

движением поездов метро -

$$A = (0,54X_1 + 0,92X_2 - 0,00059X_3 - 0,02X_4) \cdot 10^{-3},$$

где X_1, X_2, X_3, X_4 , - соответственно нагрузка на ось, кН, скорость движения, км/ч², жесткость обделки тоннеля, кН/м², удаление от источника, м;

движением трамвая -

$$A = (0,27X_1 + 1,53X_2 - 0,71X_3) \cdot 10^{-3},$$

где X_1, X_2, X_3 - соответственно нагрузка на ось, кН, скорость движения, км/ч², наличие изолированных поверхностей, износ колес и реборд по отношению к допустимому, %;

движением автомобилей -

$$A = (0,34X_1 + 0,57X_2 - 0,02X_3 - 0,01X_4) \cdot 10^{-3},$$

где X_1, X_2, X_3, X_4 , - соответственно нагрузка на ось, кН, скорость движения, км/ч², толщина покрытия, см, толщина подстилающего слоя, см;

при бесстыковом пути -

$$A = (0,59X_1 + 0,64X_2 + 0,06X_3 + 4,57X_4 + 9,81X_5) \cdot 10^{-3},$$

где X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 - соответственно нагрузка на ось, кН, скорость движения, км/ч², загрязненность балласта, %, число осей вагона, наличие изолированных неровностей, в % от общей длины.

Автором разработана специальная программа для определения величины физического износа исследуемых сооружений.

На основе уравнений регрессии, с помощью которых определен физический износ транспортных сооружений, можно сделать вывод о том, что вибрации способны уменьшить продолжительность эксплуатации конструкций. Кроме этого, их высокий уровень вредно влияет на прецизионное оборудование и организм человека. Поэтому анализ эффективности имеющихся способов снижения уровней вибрации играет существенную роль. Известно, что состояние подвижного состава и пути значительно влияет на формирование вибрационного фона. Устройство бесстыкового пути снижает уровень вибрации в 1,4 - 1,9 раз. Представляет интерес дать оценку другим способам, направленным на снижение вибрации:

1. В о д о п о н и ж е н и е. В соответствии с графиком на рисунке 2 можно отметить что на уровень уменьшения вибрации оказывает влияние степень водонасыщенности. Вибрация снижается в 2,5 — 4,5 раза.

2. У с т р о й с т в о ш у р ф о в. Как показывают исследования, устройство шурфов не всегда играет положительную роль. Это обстоятельство вызвано тем, что глубина траншеи должна назначаться в соответствии с уравнением

$$h > \frac{V_s}{f} + 0,5 \text{ м} .$$

где V_s - скорость распространения волны; f - главная частота колебаний частиц грунта. Снижение вибрации этим методом достигает 1,5 — 2,5 раза.



Рисунок 2 - Снижение амплитуд виброперемещений в грунте в зависимости от уменьшения влаги в нем 1 - без водопоглощения; 2 - с водопоглощением

3. Устройство виброизоляторов в цокольной части здания позволяет уменьшить уровень вибрации в 4 - 8 раза.

Увеличение стоимости объекта при использовании предложенных методов в зависимости от снижения вибрации в n раз приведено в таблице 8.

Т а б л и ц а 8 - Процент увеличения стоимости объекта при снижении вибрации в n раз

Величина снижения вибрации, n раз	Метод снижения вибрации				
	бесстыковой путь	отрывка шурфов	водопонижение	устройство виброизоляторов	устройство прокладок
1,5	2 - 3	8 - 10	8 - 12	9 - 14	2 - 4
2,0	3 - 4	9 - 12	10 - 14	12 - 16	4 - 5
3,0	6 - 7	11 - 15	14 - 16	14 - 18	5 - 6
4,0	-	12 - 17	16 - 18	17 - 19	-

Так как дизельное топливо является одной из причин, способствующих разрушению бетона, представляет интерес оценить его присутствие на конструкциях транспортных объектов, в частности на фундаментах транспортных сооружений. Результаты исследований приведены в таблице 9.

В соответствии с приведенными результатами необходимо разработать ряд мер, направленных на защиту этих объектов от влияния перевозимых нефтепродуктов. Следует изучить и влияние других вредных грузов.

Т а б л и ц а 9 - Интенсивность воздействия нефтепродуктов на бетон

Время эксплуатации	Мосты и путепроводы				Эстакады наливные				Водопропускные трубы			
	О	М	С	Б	О	М	С	Б	О	М	С	Б
До 10 лет	94	3	2	1	-	14	80	6	94	6	-	-
“ 20 “	91	6	2	1	-	-	84	16	96	4	-	-
“ 30 “	94	4	2	-	-	-	41	59	92	8	-	-

Продолж. табл.9

Время эксплуатации	Платформы				Здания			
	О	М	С	Б	О	М	С	Б
До 10 лет	87	14	3	-	90	10	-	-
“ 20 “	61	18	16	5	94	6	-	-
“ 30 “	55	36	9	-	95	4	1	-

П р и м е ч а н и е — О - отсутствие воздействия; М - при случайном, периодическом попадании на бетон и железобетон небольшого количества нефтепродуктов; С - при периодическом стоке нефтепродуктов на поверхности конструкций; Б - при постоянном контакте с нефтепродуктами.

Литература

1. I. K u d r j a v t s e v. Influence of vibration sources on the properties of foundation. *ZaklaDanni staves Foundationsgrunbau*. Brno. 1997. Д 36-39.
2. К у д р я в ц е в И.А. Дефекты повреждения конструкций нулевого цикла и способы их устранения. Гомель: БелГУТ 1996. С.34
3. Н о с а р е в А.В., О с и п о в В.О. Проблемы обеспечения надежности искусственных сооружений на железных дорогах России. II международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта» тезисы докладов. М., 1996. С.3.
4. А л м а з о в В.О. К методике мониторингового и проектного анализа поведения железобетонных мостов в конкретных климатических условиях. II международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта» тезисы докладов. М., 1996. С.9.
5. К у д р я в ц е в И.А. Влияние подвижных источников вибрации на физический износ сооружений транспорта. Международный симпозиум «Исследование и строительство в экстремальных условиях». М., 1996. С.12.
6. Руководство по защите железобетонных конструкций от действия нефтепродуктов. М. 1983 - 32 с.
7. К у д р я в ц е в И.А., А н т о х о в С.И. Прогнозирование физического износа путепроводов. Научно-методическая конференция «Проблемы строительства, реконструкции и капитального ремонта зданий и сооружений на железнодорожном строительстве». Санкт-Петербург, 1997, с.10.